

【特許請求の範囲】

【請求項1】 回転の基準となる情報が案内溝の蛇行によりあらかじめ記録された光ディスクの所定領域からデータを再生する光ディスク装置において、前記回転の基準となる情報を再生する第1の信号検出手段と、前記第1の信号検出手段の出力信号に同期した第1の同期クロックを出力する第1のクロック同期手段と、前記光ディスクに記録されたデータを再生する第2の信号検出手段と、前記第2の信号検出手段の出力信号と前記第1のクロック同期手段の出力信号とを選択的に切り替える切り替え手段と、前記切り替え手段の出力信号に同期した第2の同期クロックを出力する第2のクロック同期手段とを備え、前記第2の同期クロックを前記第2の信号検出手段の動作クロックとする光ディスク装置。

【請求項2】 第2の信号検出手段の出力信号のレベルを監視して未記録期間を検出する未記録期間検出手段を備え、切り替え手段は、前記未記録期間検出手段の出力が未記録領域を再生していることを示す間は、第1の同期クロックを第2のクロック同期手段に入力し、第2のクロック同期手段は第1の同期クロックに同期した第2の同期クロックを出力するようにした請求項1記載の光ディスク装置。

【請求項3】 切り替え手段は、データが記録された所定領域を検索する検索動作終了後の所定時間は第1の同期クロックを第2のクロック同期手段に入力し、第2のクロック同期手段は第1の同期クロックに同期した第2の同期クロックを出力するようにした請求項1記載の光ディスク装置。

【請求項4】 第2のクロック同期手段が同期ずれを起こしていることを検出する同期外れ検出手段を備え、切り替え手段は、前記同期外れ検出手段が同期外れが生じたことを検出したのちの所定時間は、第1の同期クロックを第2のクロック同期手段に入力し、第2のクロック同期手段は第1の同期クロックに同期した第2の同期クロックを出力するようにした請求項1記載の光ディスク装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】 本発明は、光ディスクからデータを再生する光ディスク装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 ミニディスクのように線速度一定（CLV：Constant Linear Velocity）で回転させる記録可能な光ディスクでは、光ディスク上の絶対位置を示すアドレス情報と光ディスクの回転制御情報とが案内溝の蛇行（ウォブリング）によりあらかじめ記録されている。

【0003】 前記アドレス情報は、再生時にクロック同期が容易に取れるような記録符号、たとえばバイフェーズ符号により記録符号化されており、この記録符号をFM変調した信号が案内溝の蛇行により光ディスクに記録

されている。

【0004】 このような光ディスクを再生するとき、光ディスクから案内溝の蛇行によるFM変調信号を取り出してFM復調し、バイフェーズ符号化されたアドレス情報を検出する。バイフェーズ符号からPLL（Phase Locked Loop）回路を用いて回転同期クロックを抽出するとともに、バイフェーズ復号を行ってアドレス情報を検出する。

【0005】 光ディスクの回転制御情報はバイフェーズ信号から検出した回転同期クロックであり、この回転同期クロックの周波数と位相とが所定の値になるように、光ディスクを回転させるスピンドルモータを制御する。

【0006】 記録データは光ディスク上の所定の領域に一定の単位で記録され、相変化光ディスクでは反射率の変化として、また、光磁気ディスクでは反射光の偏光面を回転させる磁区の変化として記録される。記録データは、記録密度を高めること、記録再生に必要な信号周波数帯域をなるべく狭くすること、および再生時に同期クロックの検出を容易にすることを目的として記録符号化されている。符号の反転距離を制限したRLL符号（RL：Run Length Limited）が用いられることが多く、EFM（Eight to Fourteen Modulation）、（1,7）RLL、（2,7）RLLなどが使われている。

【0007】 再生時には反射率の変化、または偏光面の回転の変化を電気信号の振幅変化として取り出す。この再生信号からPLL回路によって同期クロックを検出し、記録符号の復号を行う。

【0008】 このような光ディスク装置において、記録密度向上のため、パースシャルレスポンス方式とビタビ復号方式とを組み合わせたPRML（Partial Response Maximum Likelihood）方式と呼ばれる信号処理技術が利用されている。これは、光ディスクからの再生信号に故意に符号間干渉を起こすパースシャルレスポンス等化（PR：Partial Response）（以下、PR等化と称す）を使用し、データの検出には最尤復号方式（ML：Maximum Likelihood）であるビタビ復号を使用する。

【0009】 光ディスクから再生される信号は、伝送周波数帯域に制限を受けるため、矩形波を記録しても波形が鈍る。記録密度を高くすると、特定の時刻で読み出すべき波形が他の時刻の波形と干渉する。これを符号間干渉と呼ぶ。PR等化を用いない再生信号処理では、この符号間干渉を取り除くように波形を等化する。この等化は再生信号の高域成分を強調するため符号間干渉は抑えられるが、ノイズの高域成分も強調することになり、再生信号のS/N比を悪化させる。記録密度を上げたときには、この波形等化によるS/N比の悪化が検出データの誤りの原因になる。

【0010】 これに対してPR等化は、既知の符号間干渉を故意に起こすような波形等化を行う。通常、高域成分を強調することがないため、S/N比の悪化を抑える

ことができる。このPR等化にビタビ復号を組み合わせると、一種の誤り訂正を行いながらデータを検出できる。PR等化により再生信号は時間方向に相関を持たされている。このため、再生信号をサンプリングしたデータ系列には特定の状態遷移しか現れなくなる。限られた状態遷移と、ノイズを含む実際の再生信号のデータ系列とを比較し、最も確からしい状態遷移を選ぶことで、検出データの誤りを低減できる。

【0011】ビタビ復号を正確に行うためには、記録再生系の周波数特性を所定のPR等化特性に一致させる必要がある。記録再生特性になるべく近いPR等化特性を選ぶようにするが、一般には波形等化器（イコライザ）を用いて周波数特性を補正し、できるだけ所定のPR特性に等しくなるようにしている。

【0012】以下、従来の光ディスク装置の一例について、図面を参照しながら説明する。図4は従来の光ディスク装置の構成を示すブロック図である。図において、光ピックアップ1の出力信号から案内溝の蛇行で記録されているFM変調信号をウォブル信号検出器2により取り出し、そのFM変調信号をFM復調器3で復調してバイフェーズ符号Bi_phaseを得る。このバイフェーズ符号Bi_phaseからPLL回路4により回転同期クロックWobble_clockを検出するとともに、バイフェーズ復調器5によりバイフェーズ符号Bi_phaseを復調してアドレス信号Addressを得る。

【0013】スピンドルサーボ回路6は回転同期クロックWobble_clockの周波数と位相とが所定値になるように光ディスク7を回転させているスピンドルモータ8を制御する。

【0014】再生信号検出器9は記録されている情報を電気信号の振幅変化として再生信号を出力する。再生信号はAGC回路（Automatic Gain Control）10により、その平均的な信号振幅を一定にさせる。AGC回路10の出力はA/D変換器11で標準化・量子化され、デジタル化される。デジタル化された再生信号はイコライザ12で所定のPR特性に等しくなるように波形等化される。PLL回路13はイコライザ12の出力信号を用いて読出同期クロックRead_clockを検出する。読出同期クロックRead_clockはA/D変換器11、イコライザ12、およびビタビ復号器14の動作クロックとして供給されている。所定のPR特性に等化された再生信号はビタビ復号器14で最尤な状態遷移の推定が行われ、RLL符号化されている記録データとして出力される。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】このような従来の光ディスク装置において、光ディスク7には、所定領域当り一定のデータ量で記録されるため、光ディスク7上におけるデータの配置は必ずしも連続的にはならず、その再生信号は未記録領域を通過するときの無信号期間を含む間欠信号となる。この無信号期間はデータ再生としては

無信号であるが、実際には未記録状態でのディスクノイズ、再生光として用いる半導体レーザの光ノイズ、再生信号検出器9やAGC回路10におけるアンプノイズなどが含まれており、これらのノイズにตอบสนองしてPLL回路13の発信周波数が大きく変動する。未記録領域から記録済み領域へ移るとPLL回路13は再生信号に同期した正しい周波数に引き込もうとするが、未記録期間中に発信周波数が大きく振られている場合は正しく同期するまでの引き込み時間が長くなり、同期が確立するまでの間は、記録情報の読み出し誤りが増大するという欠点があった。

【0016】また、不連続な記録領域を再生するためには記録済み領域の検索動作が発生する。光ディスク7の回転制御には前記CLVを用いているため、検索動作後に線速度が所定値になるようにスピンドルモータ8を制御する。記録情報の読み出しは線速度が整定するまで待つようにするのが一般的であるが、少しでも検索に要する時間を短縮する目的で、線速度が整定し終わる以前から記録情報を読み出す試みがある。線速度が整定していなくてもPLL回路13が再生信号に同期していれば信号の読み出しは可能であるが、この場合、PLL回路13は検索動作が生じるたびに異なるデータレートの再生信号に対してクロック同期を行う必要があり、未記録領域通過後と同様に引き込み時間が長くなって、検索時間を短縮すると言う目的に十分な効果がないと言う欠点があった。

【0017】さらに、イコライザ12の出力信号を用いて読出同期クロックRead_clockを検出するため、所定のPR特性に近い波形等化が行えないときは正確な読出同期クロックを検出できない。イコライザ12は動作クロックとして読出同期クロックRead_clockの周波数が変化すれば、イコライザ12の等化特性もデータレートに応じてシフトさせる。このことは、再生信号のデータレートに応じた読出同期クロックが得られないと所定の等化特性が得られないことを意味しており、イコライザ12とPLL回路13とで構成されるループがデッドロックしてしまうと言う欠点があった。

【0018】このデッドロック現象は、未記録領域通過時や、検索動作終了時だけでなく、通常の信号再生時においても、装置の電源ノイズや飛び込みノイズなどが外乱となって読出同期クロックRead_clockの周波数がずれたときにも生じる欠点であった。

【0019】本発明は上記の課題を解決するもので、未記録領域通過後や検索動作後のPLL回路13の引き込み時間を短縮するとともに、イコライザ12とPLL回路13とがデッドロックしないようにした光ディスク装置を提供することを目的とする。

【0020】

【課題を解決するための手段】本発明は上記の目的を達成するために、光ディスクにおける案内溝の蛇行により

あらかじめ記録された回転の基準となる情報を再生する第1の信号検出手段と、前記第1の信号検出手段の出力信号に同期した第1の同期クロックを得る第1のクロック同期手段と、前記光ディスクに記録されたデータから再生信号を出力する第2の信号検出手段と、前記第2の信号検出手段の出力信号に同期した第2の同期クロックを出力する第2のクロック同期手段と、前記第2の信号検出手段の出力と前記第1のクロック同期手段の出力信号とを選択的に切り替える切り替え手段と、前記切り替え手段の出力信号に同期した第2の同期クロックを得る第2のクロック同期手段とを備え、前記第2の同期クロックを前記第2の信号検出手段の動作クロックとするとともに、無信号期間中、および記録領域検索終了時または前記第2のクロック同期手段の同期外れ時の所定時間中は、前記切り替え手段により前記第2のクロック同期手段が前記第1の同期クロックに同期した第2の同期クロックを出力するようにした光ディスク装置である。

【0021】本発明によれば、第1の同期クロックは光ディスクの回転同期クロックであり、また、第2の同期クロックは再生信号に同期した読出同期クロックであり、無信号期間中、および記録領域検索時または前記第2のクロック同期手段の同期外れ時の所定時間中は、データの再生手段である第2の信号検出手段を、回転同期クロックに同期させた読出同期クロックを動作クロックとして動作させるため、無信号期間中であっても動作クロックが途切れることなく、また再生信号の読出同期クロックから大きくずれることなく動作して無信号期間終了後の引き込み時間が大幅に短縮されるとともに、記録領域検索終了時または同期外れ時においても所定時間の間は回転同期クロックにより動作して線速度収束前および同期収束前からデータの読み出しが可能となるとともに、再生信号の読出同期クロックから大きくずれていないので線速度収束後および同期収束後の引き込み時間が大幅に短縮され、また、第2の信号検出手段と第2のクロック同期手段のデッドロックを防止することができる。

【0022】

【発明の実施の形態】本発明は、光ディスクの案内溝の蛇行によりあらかじめ記録された回転の基準となる情報から、これに同期した回転同期クロックを検出し、再生信号の同期クロックを得るPLL回路に再生信号と回転同期クロックを選択的に切り替えて入力するものである。

【0023】再生信号と回転同期クロックの切り替えは、再生信号の信号レベルを監視して未記録期間を検出し、未記録期間は回転同期クロックを選択するように構成する。さらに、再生信号と回転同期クロックの切り替えは、データが記録された所定領域を検索する検索動作終了後の所定時間は回転同期クロックを選択するように構成する。

【0024】さらに、再生信号と回転同期クロックの切り替えは、再生信号の同期クロックを得るPLL回路の同期外れを検出し、同期外れ検出後の所定時間は回転同期クロックを選択するように構成する。

【0025】以下、本発明の光ディスク装置の実施の形態について図面を参照しながら説明する。図1は本実施の形態の構成を示すブロック図である。なお、図4に示した従来例と同じ構成要素には同一番号を付与して、詳細な説明を省略する。本実施の形態が従来例と異なる点は、無信号検出器15、同期外れ検出器16、ORゲート17、タイマ回路18、ORゲート19、および切り替え器20を備え、未記録期間、記録領域検索期間、および同期外れに対応してPLL回路13への入力をイコライザ12の再生信号Read_signalから回転同期クロックWobble_clockに切り替えて入力するようにしていることにある。

【0026】無信号検出器15は、未記録領域を再生中であることを検出して無信号検出フラグNo_signalを出力し、同期外れ検出器16は、PLL回路13の同期外れを検出して同期外れ検出フラグUnlockを出力する。また、タイマ回路18は、同期外れ検出フラグUnlockと検索終了フラグEnd_of_accessとをトリガとして一定時間のパルスTimer_outを出力する。なお、ORゲート17は前記同期外れ検出フラグUnlockと検索終了フラグEnd_of_accessの論理和を出力し、ORゲート19は無信号検出フラグNo_signalとパルスTimer_outの論理和を出力する。

【0027】上記構成においてその動作を説明する。光ピックアップ1の出力信号から案内溝の蛇行で記録されているFM変調信号を第1の信号検出手段Aのウォブル信号検出器2により取り出し、FM復調器3で復調してバイフェーズ符号Bi_phaseを得る。バイフェーズ符号Bi_phaseからPLL回路4で回転同期クロックWobble_clockを検出し、バイフェーズ復調器5によりバイフェーズ符号Bi_phaseを復調してアドレス信号Addressを得る。スピンドルサーボ回路6は、回転同期クロックWobble_clockの周波数と位相とが所定値になるように光ディスク7を回転させているスピンドルモータ8を制御する。

【0028】再生信号検出器9は、記録されている情報を電気信号の振幅変化として再生信号を出力する。再生信号はAGC回路10により、その平均的な信号振幅が一定にされる。AGC回路10の出力はA/D変換器11で標準化・量子化され、デジタル化される。デジタル化された再生信号はイコライザ12で所定のPR特性に等しくなるように波形等化される。第2の信号検出手段Bは上記の再生信号検出器9、AGC回路10、A/D変換器11、イコライザ12で構成される。イコライザ12の出力信号を用いてPLL回路13により読出同期クロックRead_clockが検出される。この読出同期クロックRead_clockはA/D変換器11、イコライザ12、お

よびビタビ復号器 14 の動作クロックとして供給されている。所定の P R 特性に等化された再生信号はビタビ復号器 14 で最尤な状態遷移の推定が行われ、R L L 符号化されている記録データとして出力される。

【0029】無信号検出器 15 は再生信号検出器 9 の出力信号レベルをモニタし、無信号状態を検出して無信号検出フラグ No_signal を出力する。また、同期外れ検出器 16 は P L L 回路 13 が検出する読出同期クロック Read_clock が再生信号に同期しているか否かをモニタし、同期していない場合に同期外れ検出フラグ Unlock を出力する。光ディスク 7 に記録されているデータには、通常、一定間隔で同期信号が挿入されている。この同期信号は記録符号の変換規則に現れないユニークなパターンが用いられている。同期信号パターンの検出状況をモニタすれば、同期外れを検出することができる。

【0030】図 2 は P L L 回路 13 と切り替え器 20 の構成を示すブロック図である。切り替え器 20 は 2 つの入力信号、すなわち読出同期クロック Read_clock と回転同期クロック Wobble_clock を切替信号 Select に応じて選択的に切り替えて P L L 回路 13 に出力する。P L L 回路 13 において、位相比較器 21 の一方の入力には切り替え器 20 の出力信号が接続され、他方の入力には $1/N$ 分周器 22 で分周された V C O 23 の出力信号が接続され、切り替え器 20 の出力信号に $1/N$ 分周器 22 の出力信号が同期するように閉ループ動作をしている。

【0031】図 3 は P L L 回路 4 の構成を示すブロック図である。位相比較器 24 の一方の入力はバイフェーズ符号 Bi_phase であり、他方の入力には $1/M$ 分周器 25 で $1/M$ (M は整数) に分周された V C O 26 の出力信号が接続され、バイフェーズ符号に $1/M$ 分周器 25 の出力信号が同期するように閉ループ動作をしている。 $1/L$ 分周器 27 は V C O 26 の出力信号を $1/L$ (L は整数) に分周し、回転同期クロック Wobble_clock として切り替え器 20 の入力に接続される。

【0032】図 1 において、無信号検出器 15 が再生信号検出器 9 の出力信号が無信号状態であることを検出して無信号検出フラグ No_signal を出力すると、O R ゲート 19 を経由して切り替え器 20 に切替信号 Select として入力される。図 2 における切り替え器 20 は、選択する信号をイコライザ 12 から出力される再生信号 Read_signal から回転同期クロック Wobble_clock に切り替える。したがって、P L L 回路 13 の位相比較器 21 には回転同期クロック Wobble_clock が入力され、読出同期クロック Read_clock は回転同期クロック Wobble_clock に同期する。回転同期クロック Wobble_clock は光ディスク 7 の案内溝の蛇行情報から取り出された信号であるから、再生状態が続く限り途切れることがない。したがって、再生信号が無信号状態になっても、読出同期クロック Read_clock が回転同期クロック Wobble_clock に同期するようにしておくことにより、読出同期クロック Read_clock

の周波数は大きくずれることはなく、再生信号が存在する周波数の近傍で待機することができる。

【0033】つぎに、無信号期間が終了し、ふたたび再生信号が存在する記録領域になると、無信号検出フラグ No_signal が解除され、切り替え器 20 はイコライザ 12 の再生信号 Read_signal を P L L 回路 13 に入力するように切り替えるので、P L L 回路 13 はふたたび再生信号 Read_signal に同期し始める。無信号状態でも読出同期クロック Read_clock の周波数は、回転同期クロック Wobble_clock に同期して大きくずれることなく待機していたので位相引き込みだけを行えばよく、引き込み時間が長くなることはない。また、読出同期クロック Read_clock の周波数ずれが生じないため、イコライザ 12 の等化特性は無信号中も所定の等化特性を保持することができ、再生信号の再開直後から精度のよい等化特性を得ることができる。

【0034】また、光ディスク 7 上の記録領域の検索は以下のように行われる。システムコントローラ 28 は、光ピックアップ 1 を目標の記録領域に移動させるように光ピックアップサーボ回路 (図示せず) に指示する。光ディスク 7 は前記 C L V で回転しているので、光ピックアップ 1 が目標領域に移動した直後の線速度は所定値から外れた値になっている。このとき、スピンドルサーボ回路 6 は、案内溝の蛇行情報を基に線速度が所定値になるようにスピンドルモータ 8 の制御を開始し、システムコントローラ 28 は、光ピックアップ 1 が目標領域への移動が完了したことを示す検索終了フラグ End_of_access を出力する。検索終了フラグ End_of_access は O R ゲート 17 を経由してタイマ回路 18 に入力される。タイマ回路 18 は検索終了フラグ End_of_access をトリガとして一定時間のパルス Timer_out を出力する。

【0035】パルス Timer_out は O R ゲート 19 を経由して切り替え器 20 に切替信号 Select として入力される。図 2 において、切り替え器 20 は、選択する信号を再生信号 Read_signal から回転同期クロック Wobble_clock に切り替える。したがって、線速度が所定値に収束していないときでも読出同期クロック Read_clock を回転同期クロック Wobble_clock に同期させれば、その時点の再生信号 Read_signal のデータレートに同期した周波数の読出同期クロック Read_clock が得られるので、再生信号 Read_signal のデータレートが所定線速度からずれていても、イコライザ 12 の等化特性はデータレートに応じた所定の特性となる。つぎに、タイマ回路 18 で設定される一定時間が経過して切り替え器 20 が位相比較器 21 の入力を回転同期クロック Wobble_clock から読出同期クロック Read_clock に切り替えると、P L L 回路 13 は位相引き込みのみを行えばよく、短時間で引き込みが完了し、線速度が収束する以前から記録情報の読み出しが可能になる。したがって、検索に要する時間の短縮を図ることができる。また、イコライザ 12 で所定の等化特

性が得られないことに起因してPLL回路13が同期引き込めずにデッドロックすると言う問題も生じない。

【0036】また、同期外れ検出器16により、PLL回路13が検出する読出同期クロックRead_clockが再生信号に同期していないことが検出されると、同期外れ検出フラグUnlockが出力される。同期外れ検出フラグUnlockはORゲート17を経由してタイマ回路18に入力される。タイマ回路18は同期外れ検出フラグUnlockをトリガとして一定時間のパルスTimer_outを出力する。パルスTimer_outはORゲート19を経由して切り替え器20に切替信号Selectとして入力され、図2において、切り替え器20は選択する信号を再生信号Read_signalから回転同期クロックWobble_clockに切り替える。したがって、外乱となるノイズの影響でPLL回路13の動作が不安定になって同期外れが起きても、パルスTimer_outが設定する一定期間は、回転同期クロックWobble_clockに対して読出同期クロックRead_clockを引き込ませるようにするので、イコライザ12とPLL回路13がデッドロックしてしまうことはない。

【0037】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明は、間欠信号を再生するときに無信号期間を検出し、無信号期間では読出同期クロックを検出するPLL回路の入力を再生信号から回転同期クロックに切り替えて入力することにより、無信号期間中に読出同期クロックが大きくずれることがなく、無信号期間終了後の引き込み時間の短縮を図ることができる。

【0038】また、データが記録された所定領域を検索する検索動作終了後の所定時間の間はPLL回路の入力を再生信号から回転同期クロックに切り替えて入力することにより、線速度が収束する以前から回転同期クロックに同期して記録情報の読み出しが可能となって検索時間の短縮を図れるとともに、検索終了後の引き込み時間も短縮することができる。

【0039】さらに、PLL回路の同期外れを同期外れ検出器により検出し、同期外れ検出後の所定時間はPLL回路の入力を再生信号から回転同期クロックに切り替えて入力することにより、イコライザとPLL回路のデッドロックを防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光ディスク装置の実施の形態の構成を示すブロック図

【図2】同実施の形態において読出同期クロックを検出するPLL回路および切り替え器の構成を示すブロック

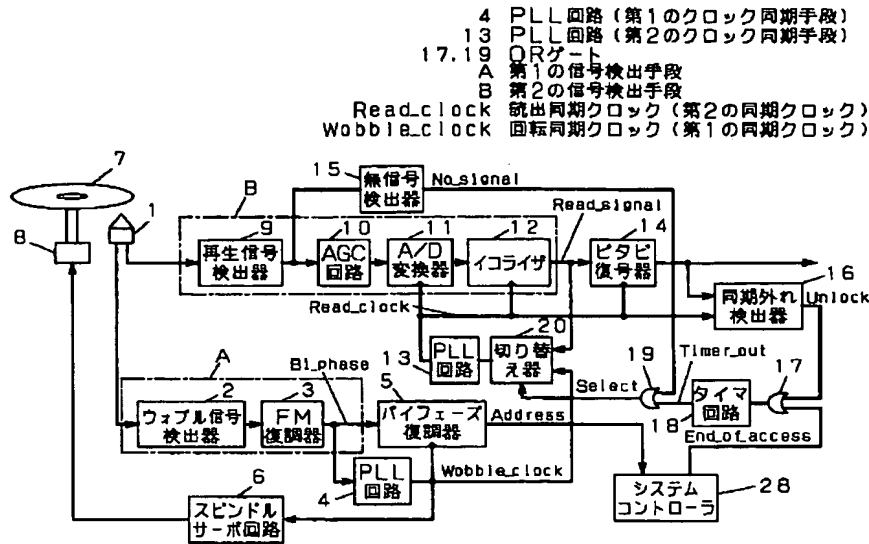
図

【図3】同実施の形態において回転同期クロックを検出するPLL回路の構成を示すブロック図

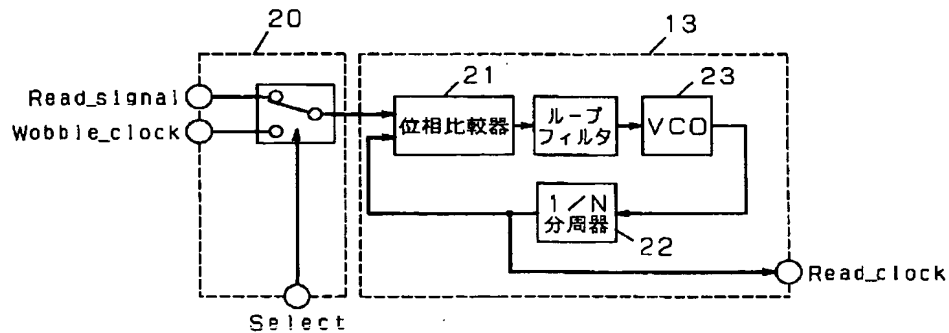
【図4】従来の光ディスク装置の構成を示すブロック図
【符号の説明】

- 1 光ピックアップ
- 2 ウォブル信号検出器
- 3 FM復調器
- 4 PLL回路（第1のクロック同期手段）
- 5 バイフェーズ復調器
- 6 スピンドルサーボ回路
- 7 光ディスク
- 8 スピンドルモータ
- 9 再生信号検出器
- 10 AGC回路
- 11 A/D変換器
- 12 イコライザ
- 13 PLL回路（第2のクロック同期手段）
- 14 ビタビ復号器
- 15 無信号検出器
- 16 同期外れ検出器（同期外れ検出手段）
- 17, 19 ORゲート
- 18 タイマ回路
- 20 切り替え器
- 21, 24 位相比較器
- 22 1/N分周器
- 23, 26 VCO
- 25 1/M分周器
- 27 1/L分周器
- 28 システムコントローラ
- A 第1の信号検出手段
- B 第2の信号検出手段
- Address アドレス信号
- Bi_phase バイフェーズ符号
- End_of_access 検索終了フラグ
- No_signal 無信号検出フラグ
- Read_clock 読出同期クロック（第2の同期クロック）
- Read_signal 再生信号
- Select 切替信号
- Timer_out パルス
- Unlock 同期外れ検出フラグ
- Wobble_clock 回転同期クロック（第1の同期クロック）

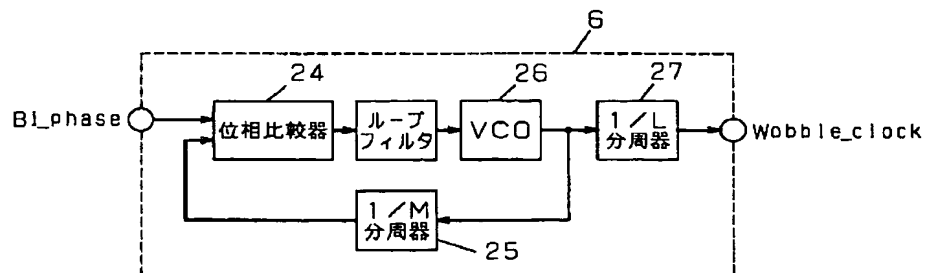
【図1】



【図2】



【図3】



【図 4】

